

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-064655

(43)Date of publication of application : 05.03.1999

(51)Int.Cl.

G02B 6/122

(21)Application number : 09-221423

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 18.08.1997

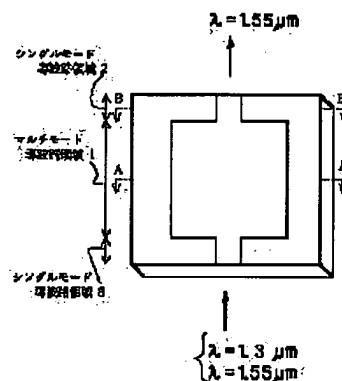
(72)Inventor : HAMAMOTO KIICHI

### (54) SEMICONDUCTOR LIGHT RECEIVER

#### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To enable a semiconductor light receiver to use single-mode light as transmitting signal light and to improve light receiving efficiency.

**SOLUTION:** A semiconductor light receiver is provided with an optical waveguide structure consisting of a multi-mode waveguide region 1 which is a  $1 \times 1$  multi-mode interference type ( $1 \times 1$ -MMI) optical waveguide and a pair of single-mode waveguide regions 2, 3 connected with both ends of the multi-mode waveguide region. The multi-mode waveguide region 1 is about  $100 \mu\text{m}$  in the length, the waveguide width  $W_1$  is  $6 \mu\text{m}$ , both single-mode waveguide regions 2, 3 are  $10 \mu\text{m}$  long and the waveguide width  $W_2$  is  $1.5 \mu\text{m}$ . By using the  $1 \times 1$ -MMI optical waveguide, the transmission of single-mode light can be made and light receiving efficiency becomes good.



<http://www19.ipdl.ncipi.go.jp/PA1/result/detail/main/wAAACJaagYDA411064655P1.htm>

---

#### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]	18.08.1997
[Date of sending the examiner's decision of rejection]	04.09.2000
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]	
[Date of final disposal for application]	
[Patent number]	3251211
[Date of registration]	16.11.2001
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	2000-15751
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]	04.10.2000
[Date of extinction of right]	

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-064655  
(43)Date of publication of application : 05.03.1999

(51)Int.Cl.

G02B 6/122

(21)Application number : 09-221423

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 18.08.1997

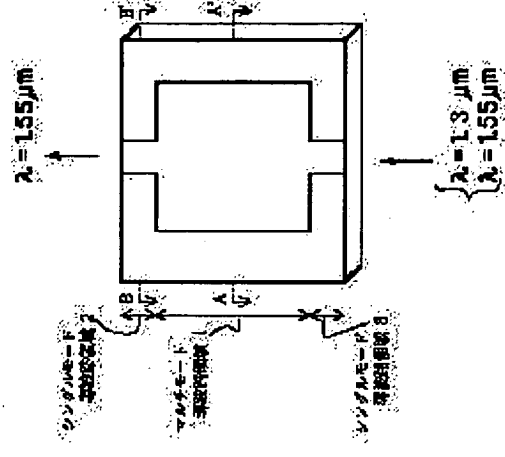
(72)Inventor : HAMAMOTO KIICHI

### (54) SEMICONDUCTOR LIGHT RECEIVER

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To enable a semiconductor light receiver to use single-mode light as transmitting signal light and to improve light receiving efficiency.

**SOLUTION:** A semiconductor light receiver is provided with an optical waveguide structure consisting of a multi-mode waveguide region 1 which is a  $1 \times 1$  multi-mode interference type ( $1 \times 1$ -MMI) optical waveguide and a pair of single-mode waveguide regions 2, 3 connected with both ends of the multi-mode waveguide region. The multi-mode waveguide region 1 is about  $100 \mu\text{m}$  in the length, the waveguide width W1 is  $6 \mu\text{m}$ , both single-mode waveguide regions 2, 3 are  $10 \mu\text{m}$  long and the waveguide width W2 is  $1.5 \mu\text{m}$ . By using the  $1 \times 1$ -MMI optical waveguide, the transmission of single-mode light can be made and light receiving efficiency becomes good.



---

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 18.08.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 04.09.2000

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3251211

[Date of registration] 16.11.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2000-15751

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 04.10.2000

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 0 2 B 6/122

G 0 2 B 6/12

A

審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平9-221423

(22) 出願日 平成9年(1997) 8月18日

(71) 出願人 .000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 ▲浜▼本 貴一

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

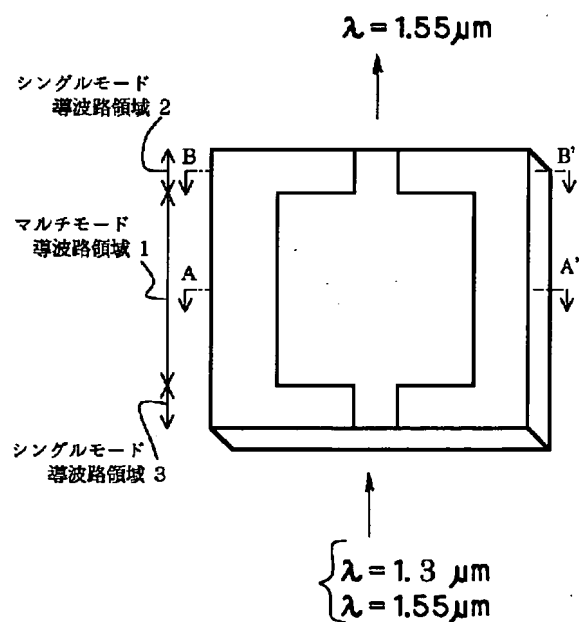
(74) 代理人 弁理士 若林 忠 (外4名)

(54) 【発明の名称】 半導体受光器

(57) 【要約】

【課題】 半導体受光器において、透過信号光としてシングルモード光を使用可能にするとともに、受光効率を高める。

【解決手段】 半導体受光器に、 $1 \times 1$  マルチモード干渉型 ( $1 \times 1$ -MMI) 光導波路であるマルチモード導波路領域1と、その両端部に接続されている1対のシングルモード導波路領域2、3とからなる光導波路構造が設けられている。マルチモード導波路領域1は、長さが  $100 \mu\text{m}$  程度で導波路幅  $W1$  が  $6 \mu\text{m}$  であり、シングルモード導波路領域2、3は、それぞれ長さが  $10 \mu\text{m}$  程度で導波路幅  $W2$  が  $1.5 \mu\text{m}$  である。 $1 \times 1$ -MMI 光導波路を用いることによりシングルモード光の透過が可能であるとともに、受光効率が高い。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 透過光がシングルモード光である半導体受光器であって、マルチモード導波路領域を含む光導波路構造を有する半導体受光器。

【請求項2】 前記マルチモード導波路領域が、 $1 \times 1$ —マルチモード干渉型光導波路である請求項1に記載の半導体受光器。

【請求項3】 前記光導波路構造が、前記マルチモード導波路領域と、該マルチモード導波路領域の両端部に接続されている1対のシングルモード導波路領域とからなる請求項1または2に記載の半導体受光器。

【請求項4】 前記マルチモード導波路領域が、前記シングルモード導波路領域よりも導波路幅が広い請求項3に記載の半導体受光器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、波長多重伝送に対応可能なフィルター機能を有し、かつ高受光感度特性に優れた光導波路構造を有する半導体受光器に関する。

【0002】

【従来の技術】 今日光ファイバーを用いた光通信技術は、大容量高速伝送を実現する技術として発展している。この光通信技術を支えるデバイスとして、様々な光デバイスが開発されており、中でも、伝送信号を直接受光し電気信号に変換するデバイスである半導体受光器は、長距離伝送を実現するためのキーデバイスとして現在盛んに研究・開発が進められている。

【0003】 この半導体受光器には様々な種類があるが、導波路型の半導体受光器は、半導体レーザーと同様のパッケージが利用でき、また他の導波型光デバイスや受動導波路との集積に適すると言う特徴を有している。

【0004】 この導波路型受光器は、効率よく光信号を受信するという観点から、受光領域はマルチモード導波路として設計されるのが一般的である。例えば、「アイトリプルイー・ジャーナル・オブ・クオラム・エレクトロニクス (IEEE Journal of Quantum Electronics) Vol. 28 No. 12 1992」第2728～2735頁 (著者: K. Katoなど) に報告されている導波路型の半導体受光器も、受光領域はマルチモード導波路である。

【0005】 このように、光信号の受信だけを目的とする場合、特にシングルモード導波路から構成する必要はない。しかしながら、導波路型半導体受光器に、単なる信号光受信機能だけではなく、フィルター機能も兼ね備えさせることが考えられている。すなわち、波長多重伝送において、受光器の受信感度帯波長よりも長い波長の信号光が入射してきた時はその波長の光を透過させ、受信感度帯内の波長の信号光が入ってきた時はその波長の光を吸収するという波長フィルターとしての機能を兼ね備えた半導体受光器を構成する場合がある。このよう

に、特定の波長の光を受光し、かつ他の波長の光は透過させるというフィルター機能を兼ね備えた用途を考えた場合、透過信号光はシングルモードである必要がある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 前記の通り、効率よく信号光を受信することを考慮すると、受光領域はマルチモードであることが望ましい。しかし、波長多重伝送に対応可能なフィルター機能を兼ね備えるためにはシングルモードである必要がある。このように、導波路型半導体受光器において、波長多重伝送に対応可能なフィルター機能を兼ね備えるためシングルモード構造とし、かつ効率よく受光する光導波路構造とすることは困難である。

【0007】 そこで本発明の目的は、フィルターとして機能し得るとともに、受光効率のよい半導体受光器を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明の特徴は、透過光がシングルモード光である半導体受光器であって、マルチモード導波路領域を含む光導波路構造を有することにある。

【0009】 前記マルチモード導波路領域は $1 \times 1$ —マルチモード干渉型光導波路である。

【0010】 前記光導波路構造は、前記マルチモード導波路領域と、該マルチモード導波路領域の両端部に接続されている1対のシングルモード導波路領域とからなる。

【0011】 そして、前記マルチモード導波路領域は、前記シングルモード導波路領域よりも導波路幅が広い。

【0012】 このような構成とすることにより、透過光についてはシングルモードを提供してフィルターとして機能し得るとともに、受光導波路領域がマルチモード導波路であり受光効率が向上する。

【0013】

【発明の実施の形態】 以下、図面を参照しながら本発明の実施形態について説明する。

【0014】 図1は、本発明の実施形態である導波路型半導体受光器の概略斜視図である。この導波路型半導体受光器は、例えば $1.3 \mu\text{m}$ 帯信号光と $1.55 \mu\text{m}$ 帯信号光の波長多重信号が入射されたとき、 $1.3 \mu\text{m}$ 帯信号光を受信し、かつ $1.55 \mu\text{m}$ 帯信号光は透過させるフィルター機能を兼ね備えている。そして、この導波路型半導体受光器は、マルチモード導波路領域1と、その両端に接続されたシングルモード導波路領域2、3とから構成される。各領域の長さは、マルチモード導波路領域1が $100 \mu\text{m}$ 程度、シングルモード導波路領域2および3がそれぞれ $10 \mu\text{m}$ 程度、合計で素子長は $120 \mu\text{m}$ 程度となっている。マルチモード導波路領域1は $1 \times 1$ —MMI光導波路として設計されている。図2には、図1の1点鎖線A-A' およびB-B'での断面の

層構造を示す。図2(a)および(b)に示す断面A-A'およびB-B'の層構造はほとんど同一であり、異なっている点は導波路幅だけである。図2(a)のマルチモード導波路領域の導波路幅W1および図2(b)のシングルモード導波路領域2の導波路幅W2は、それぞれW1=6 $\mu$ m、W2=1.5 $\mu$ mとなっている。

【0015】以下、図3~7を参照しながら本実施形態による導波路型半導体受光器の製造方法を説明する。図3に示すように、n-InP基板上23に、n-InPバッファ層24と、1.4 $\mu$ m組成InGaAsP層29と、p-InPクラッド層26とが、MOVPE法(有機金属気相成長法)により順番に積層形成されている。各層の層厚は、n-InPバッファ層24が200nm程度、1.4 $\mu$ m組成InGaAsP層29が100nm程度、p-InPクラッド層26が200nm程度である。

【0016】次に、図4に示すように、通常的光リソグラフィ法により、p-InPクラッド層26上にエッチング用マスク31が形成される。その後、反応性イオンエッチング法(RIE法)により、図5に示すように、p-InPクラッド層26と、1.4 $\mu$ m組成InGaAsP層29と、n-InPバッファ層24とが、部分的に(マスク31が形成されていない部分のみ)除去され、メサ構造が形成される。

【0017】次に、通常的光CVD法でSiO<sub>2</sub>膜が全面に形成された後に、通常的光リソグラフィ法により、図6に示すように、メサ周囲に選択的結晶成長法による埋め込み層形成のためのSiO<sub>2</sub>マスク32が形成される。その後、MOVPE法により、図7に示すように、p-InP埋め込み層27およびp-InGaAsキャップ層28が形成される。p-InP埋め込み層27は2 $\mu$ m程度、p-InGaAsキャップ層28は200nm程度の厚さである。

【0018】そして、図示しないが、素子裏面に研磨が施され、裏面電極および表面電極が通常のスパッタリング法により形成され、素子劈開後の両端面に通常の無反射(AR)コーティングが施され、半導体素子の製造が完了する。以上が、本実施形態の導波路型半導体受光器の製造方法の一例である。

【0019】このような半導体導波路型受光器の特性について次に説明する。本実施形態による半導体導波路型受光器は、図1に示すようにマルチモード導波路領域1を含んだ構造となっている。本実施形態のマルチモード導波路領域は、MMI(Multimode Interference)理論によって、1×1動作するように設計されている。

【0020】通常のスングルモード導波路を適用した半導体受光器においては、透過光をシングルモード光として透過させるために、その導波路幅は全域にわたって1.5 $\mu$ m程度に制約されている。すなわち、導波路が全長にわたって本実施形態のシングルモード導波路領域

2の導波路幅W2と同程度の幅で形成されている必要がある。

【0021】しかしながら本実施形態の導波路型半導体受光器では、前述の通り1×1-MM I光導波路を用いているので、光導波路幅が従来の3倍以上の6 $\mu$ mであっても、透過光に関してはシングルモード光(基本モード光)として透過させることが可能である。本実施形態の導波路型半導体受光器は、このMMIの原理を用いることにより、主受光導波路領域は高受光感度特性に優れたマルチモード導波路で構成しながらも、透過光はシングルモード光として透過し得る。このため、本実施形態の導波路型半導体受光器は、波長多重伝送に適したフィルタ機能も兼ね備えた受光器として動作させることが可能となる。

【0022】また本素子のTE偏光、TM偏光の両偏光に対する光の閉じ込めは極めて強いので、偏光無依存の受信感度特性が容易に得られる。またこのように構造が比較的単純であるため、集積光デバイスにも適した構造である。

【0023】なお、本実施形態は単純な埋め込み構造の導波路型半導体受光器であるが、本発明はこれに限定されるわけではなく、他の層構造に対しても適用可能である。また、受光器の感度波長帯を1.3 $\mu$ m帯としたが、もちろんこれに限るわけではなく、可視光帯域であっても良いし、近赤外光帯であっても、本発明は適用可能である。

【0024】製造方法として、本実施形態では結晶成長法にMOVPE法が、メサ形成方法にRIE法がそれぞれ採用されているが、もちろんこれに限定されるわけではなく、結晶成長方法には、例えばMBE法を用いることも可能であり、また、メサ形成方法に、ウェットエッチング法を用いても構わない。

【0025】

【発明の効果】以上述べてきたように、本発明による半導体受光器は、主受光導波路領域がマルチモード導波路から構成されているため、高受光感度特性を達成できる。しかも、マルチモード導波路領域が1×1-MM I光導波路で構成されているため、透過光に関してはシングルモード光として透過させることができ、波長多重伝送に適用できるフィルタとして使用可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態である半導体受光器の概略斜視図である。

【図2】図1に示す半導体受光器の断面図である。

【図3】図1に示す半導体受光器の第1の製造工程の説明図である。

【図4】図1に示す半導体受光器の第2の製造工程の説明図である。

【図5】図1に示す半導体受光器の第3の製造工程の説明図である。

【図6】図1に示す半導体受光器の第4の製造工程の説明図である。

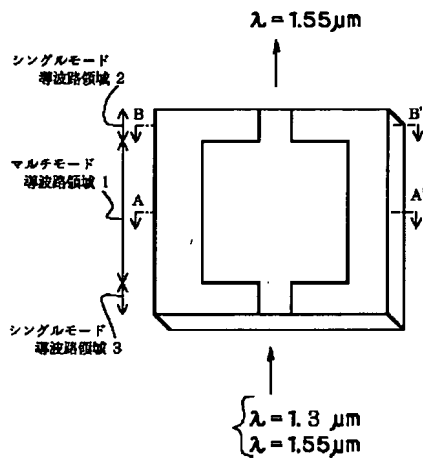
【図7】図1に示す半導体受光器の第5の製造工程の説明図である。

【符号の説明】

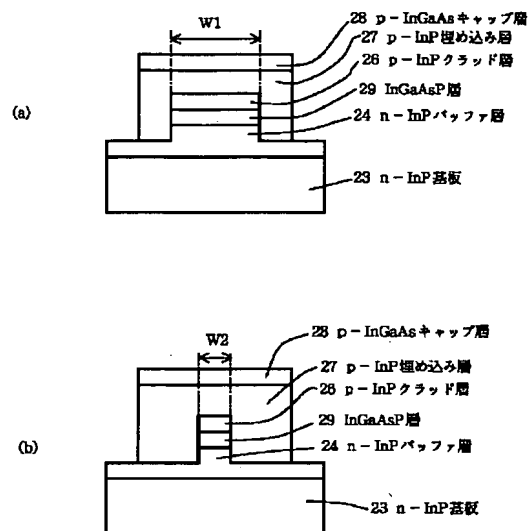
- 1 マルチモード導波路領域
- 2 シングルモード導波路領域
- 3 シングルモード導波路領域
- 23 n-InP基板

- 24 n-InPバッファ層
- 26 p-InPクラッド層
- 27 p-InP埋め込み層
- 28 p-InGaAsPキャップ層
- 29 1.4 $\mu$ m組成InGaAsP層
- 31 エッチング用マスク
- 32 SiO<sub>2</sub>マスク
- W1 マルチモード導波路領域
- W2 シングルモード導波路領域の幅

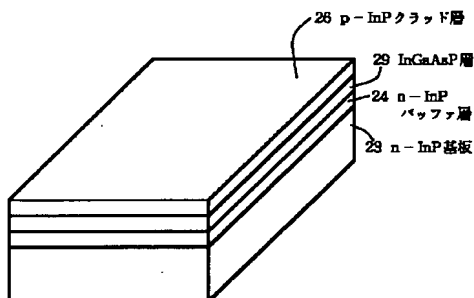
【図1】



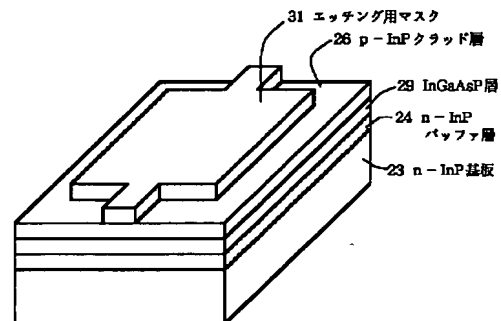
【図2】



【図3】

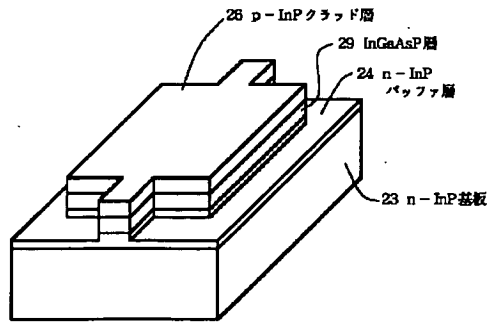


【図4】

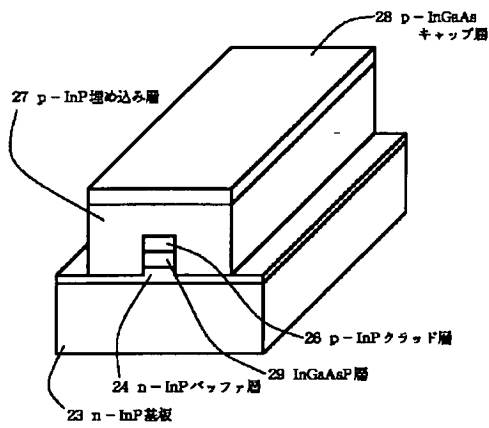




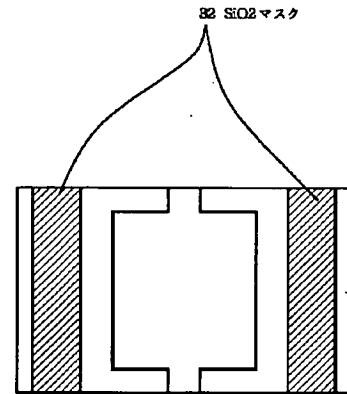
【図5】



【図7】



【図6】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**